

Construction d'un gymnase bioclimatique

Campus du Tampon



Rendu APS

Août 2025

MAÎTRISE D'OUVRAGE

Université de la Réunion

MAÎTRISE D'OEUVRE

<u>Architecte mandataire</u> CO-ARCHITECTES	<u>BET Structure béton</u> FORT Ingénierie	<u>BET Structure bois</u> Gaujard Technologies	<u>BET Fluides</u> INSET
<u>BET VRD</u> ALTER Ingénierie	<u>BET Paysage</u> ADHOC	<u>BET BIM</u> EPIGRAM	<u>BET QE</u> IMAGEEN

PIÈCE	N°
GBT-APS 06 - NOTICE DESCRIPTIVE STRUCTURE BOIS ET BÉTON	06/07

APS – Gymnase Tampon – La Réunion - Notice structure béton

La structure est prévue en béton armé et dimensionnée suivant les règlements en vigueur.

Conception

Bâtiment Gymnase

Ce bâtiment aux dimensions imposantes est prévu sans joint de dilatation compte tenu des contraintes de stabilité et d'étanchéité.

Il intègre également une partie des bureaux, la zone dédiée au mur d'escalade ainsi que les circulations verticales (escaliers, ascenseur)

La prise en compte de l'altitude (températures moyennes), de la discontinuité des planchers, du mode constructif (clavetages différés pour le retrait) et les armatures permettront de justifier ces

En superstructure (niveaux R+2 à RDC) les poteaux de la façade nord et les murs situés sous les tribunes assurent la stabilité transversales, et des murs de contreventement sont prévus au droit des poutres au vent de la toiture pour la stabilité longitudinale.

Les gradins seront réalisés en béton (type L préfabriqués avec poutres crémaillères envisagés) et assureront le coupe feu par entre les locaux du RDC et les tribunes.

Le niveau R-1 sera constitué d'une structure de type murs porteurs et poteaux / poutres suivant les zones, avec de fortes contraintes liées aux portées des salles DOJO et Danse.

Les murs enterrés seront revêtus d'une étanchéité avec drainage en pied.

Compte tenu de la forte pente du terrain et de la hauteur du bâtiment, le bâtiment gymnase est raidi en infrastructure par un treillis en béton armé assurant le cheminement des efforts horizontaux vers les fondations.

Le niveau R-2 partiel (suivant la pente du terrain) est libre de tout local et comportera les éléments structurels nécessaires à la stabilité verticale et horizontal (murs) du bâtiment.

Les fondations prévues sont de type superficielles, ancrés dans les limons (ou basalte) reconnus dans le rapport géotechnique transmis (LACQ n° 25075-1004 – juillet 2025). Ces matériaux s'avèrent d'une qualité inférieure à ceux généralement constatés dans cette zone et génèrent une augmentation du coup des fondations de l'ordre de 40 %.

En partie aval, les espaces libres pourront potentiellement être utilisés en parc de stationnement, moyennement les adaptations structurelles adéquates.

Bâtiment bureaux et formation.

Ce bâtiment R+2 est conçu désolidarisé du bloc Gymnase et réalisé avec une structure courante essentiellement basé sur des murs porteurs en béton et un principe poteaux / poutres dans les zones de convivialités.

Compte tenu de la pente du terrain, le plancher bas sera principalement réalisé sur emblai coffrant.

APS – GTS – Gymnase Tampon – La Réunion - Notice structure bois

Conception

La structure bois du gymnase est conçue selon des principes de rationalité et d'efficacité constructive, de par sa forme rectangulaire. La toiture présente une pente minimale de 5 %, optimisée pour limiter la sur-hauteur du bâtiment, rendue possible par l'emploi d'un complexe de toiture parfaitement adaptée à cette faible pente : membrane d'étanchéité bitumineuse double couche sur support en tôle d'acier nervurée.

Le portique principal s'organise sur une trame régulière de 4,10 m. Des arbalétriers en bois lamellé-collé franchissent la largeur du bâtiment dans le sens de la pente, avec appuis différenciés : sur poteaux bois en façade sud, et sur poteaux béton en façade nord.

La structure en béton armé des gradins nord assure une double fonction :

1> Stabilisation longitudinale (axe nord-sud) : Elle joue un rôle de contreventement principal via un noyau rigide. Ce dispositif est complété en toiture par des poutres au vent transversales (axe nord-sud), disposées régulièrement, connectées à des palées de stabilité longitudinales sur les longpans pour garantir la stabilité transversale (axe est-ouest).

2> Protection des locaux sensibles : Elle enveloppe l'ensemble des locaux humides (vestiaires, sanitaires, douches) et des locaux à risques spécifiques (stockage, équipements techniques), réduisant ainsi l'exposition du bois à l'humidité et au feu, et facilitant la mise en œuvre des réglementations incendie et hygiène.

Durabilité

Tous les éléments de structure bois sont intégrés dans l'enveloppe protégée du bâtiment. Aucun composant structurel en bois n'est laissé exposé aux intempéries. Les poteaux situés hors de l'enveloppe sont systématiquement capotés par un habillage étanche métallique.

Aucun parement extérieur en bois n'est prévu en façade (revêtement métallique retenu), afin de réduire les exigences d'entretien et d'optimiser la pérennité du bâtiment. En revanche, les sous-faces abritées (débord de toiture etc) seront traitées avec des matériaux bois ou pour renforcer la qualité architecturale et la matérialité intérieure.

Note d'hypothèse – Structure bois

APS

AOUT - 2025

Equipement Sportif

TAMPON – La Réunion



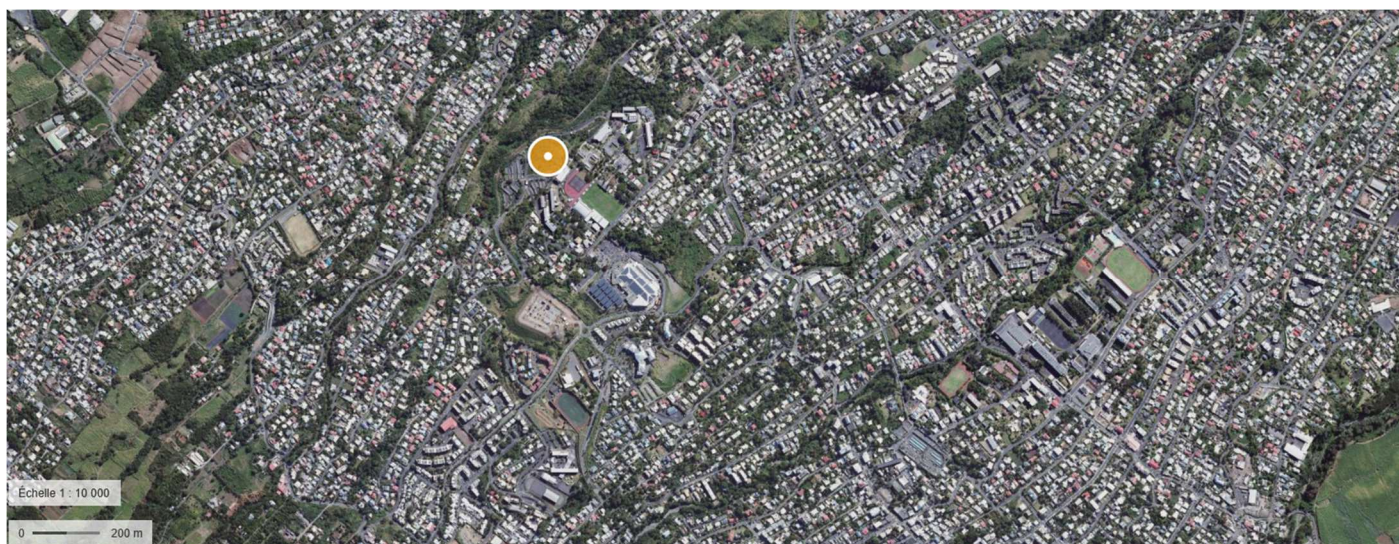
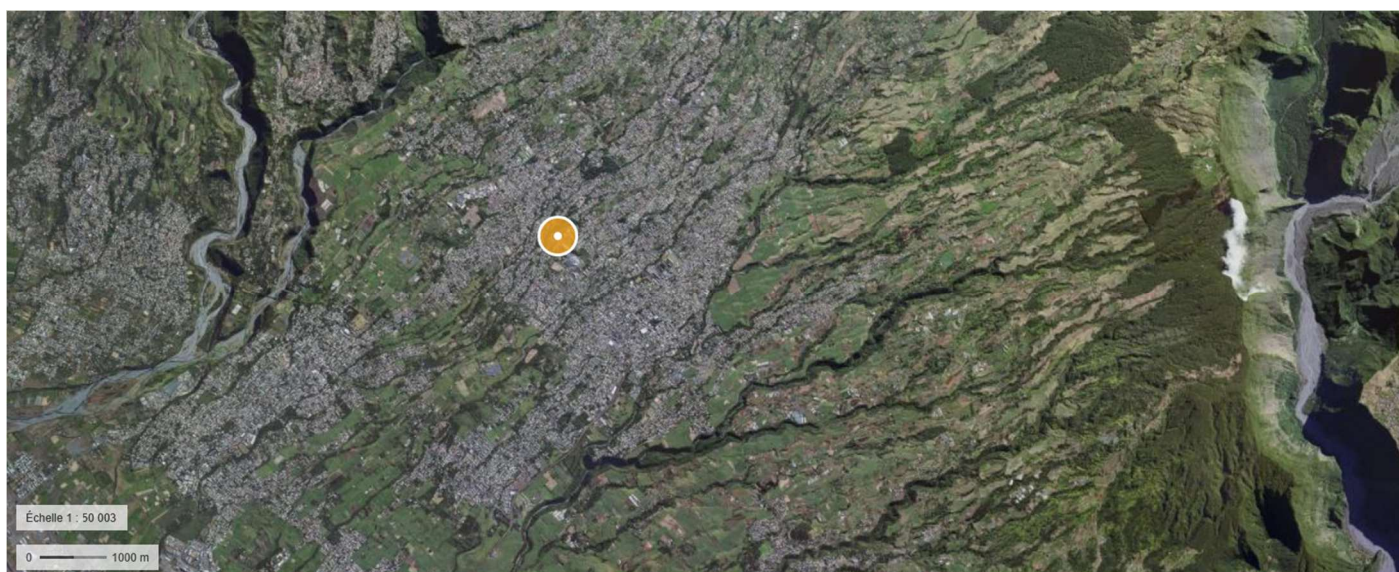
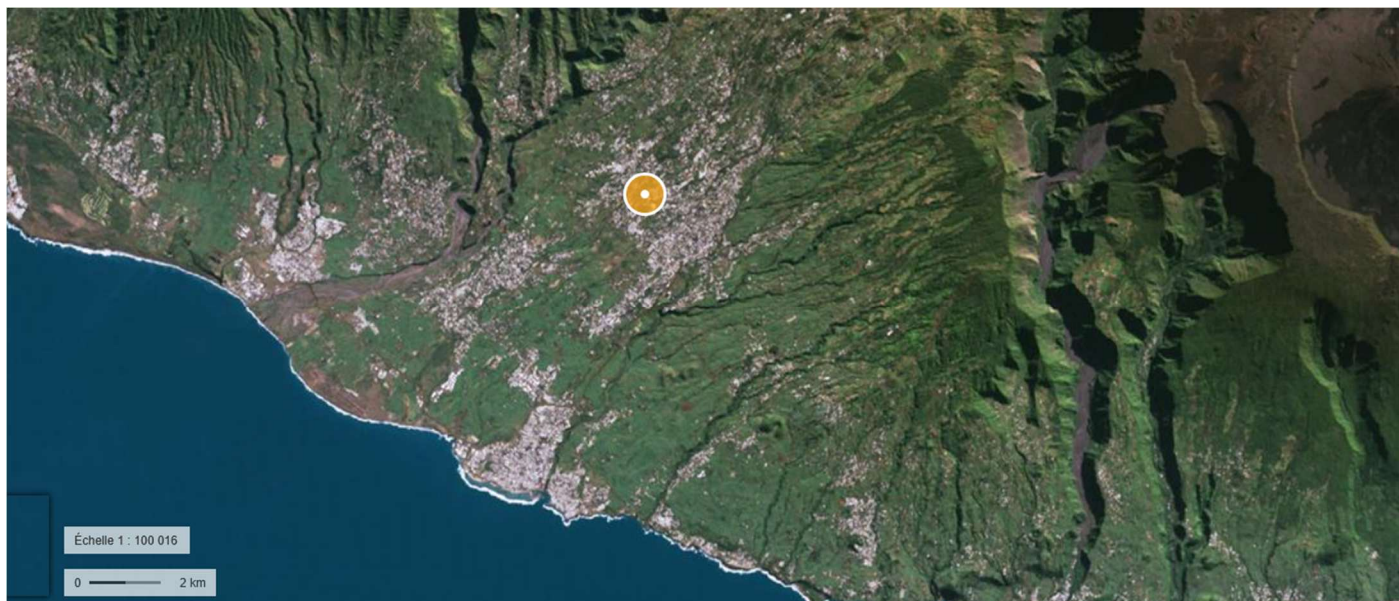
1	HYPOTHÈSES GÉNÉRALES	3
1.1	CHARGES DE NEIGE	4
1.2	CHARGES DE VENT	4
1.3	CHARGES SISMIQUES	8
2	CHARGES DE VENT	8
2.1	PRESSION INTÉRIEURE – CPI	8
2.2	EFFORTS DE VENTS.....	9
2.2.1	Pressions selon X	9
2.2.2	Pression sur Y.....	10
2.3	FORCES DE FROTTEMENT	11
2.4	DÉBORD TOITURE	11
3	CHARGES PERMANENTE.....	11
4	CHARGES D’EXPLOITATION.....	12
5	CRITÈRES DÉPLACEMENT	12
5.1	CRITÈRE ELS	12
5.2	CRITÈRE DE DÉPLACEMENT GLOBAL SOUS SÉISME.....	13
5.3	RÉSISTANCE FEU.....	13

1 Hypothèses générales


Adresse projet :

Le Tampon - 97430, La Réunion

Altitude du site : + 532 m



1.1 Charges de neige

Charges de neige				
	Région de neige		0	?
	Coefficient d'exposition : Ce	Site normal	1	?
	Coefficient thermique : Ct		1	?
	<input type="checkbox"/> Pourcentage de charge en longue durée (Psi2) défini par utilisateur			
Valeurs des charges				
<input checked="" type="checkbox"/> Voir rapport détaillé				
s_k	34,8 daN/m ²	Valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol pour l'altitude considérée $s_k = s_{k0} + 1,5 \times A - 450 = 0 + (1,5 \times 532 - 450) \times 1/10 = 34,8 \text{ daN/m}^2$		
s_{Ad}	0 daN/m ²	Valeur de la charge exceptionnelle de neige sur le sol : s_{Ad} $s_{Ad} = C_{ed} s_{k0} = 0 \times 0 = 0 \text{ daN/m}^2$		

1.2 Charges de vent

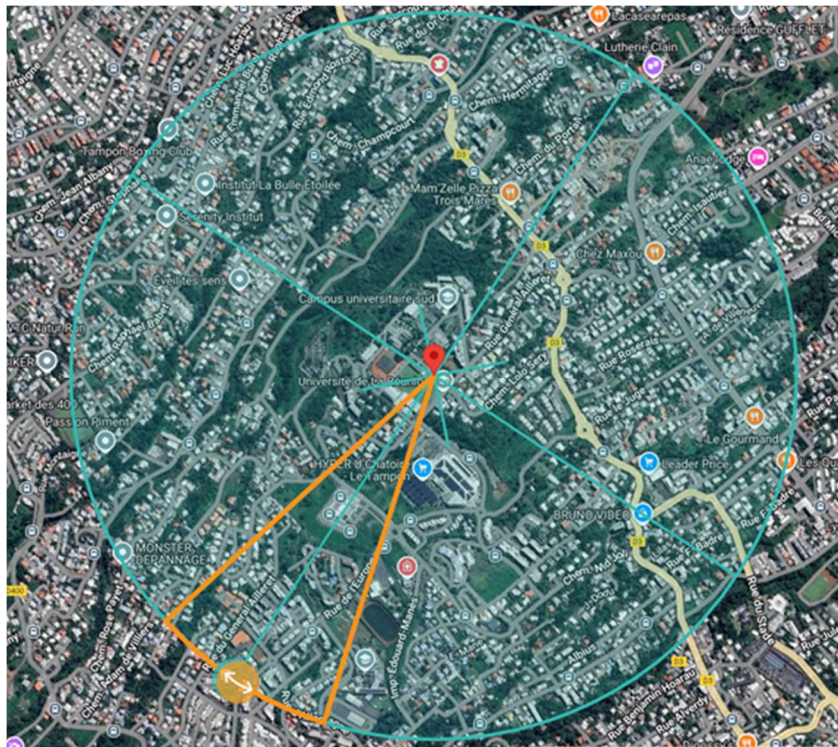
Rugosité du terrain

La distance au vent, ou rayon R, dans lequel la rugosité du terrain est à qualifier dépend de la hauteur h de la construction. Elle est donnée par :

$$R = 23 * h^{1,2}$$

$$R = 23 * 22^{1,2}$$

$$R = 938 \text{ m}$$



Choix catégorie de terrain : IIIb



Orographie du terrain :

Au vu de la topographie complexe qui entoure notre site d'implantation du projet, nous allons procéder au calcul du coefficient d'orographie de deux manières différentes, pour pouvoir obtenir le cas le plus défavorable afin de se mettre en sécurité.

Cas 1 (procédure 01):

L'orographie est constituée d'obstacles de hauteurs et de formes variées. Calcul de l'orographie selon la procédure 1 donnée dans l'annexe nationale.



$$Am = \frac{2 * Ac + An1 + An2 + Ae1 + Ae2 + As1 + As2 + Ao1 + Ao2}{10}$$

$$Am = 532$$

$$\Delta Ac = Ac - Am = 532 - 532.1 = -0.1 \text{ m}$$

$$co(z) = 1 + 0.004 * \Delta Ac * e^{-0.014(z-10)}$$

$$co(z) = 1 + 0.004 * -0.1 * e^{-0.014(20-10)}$$

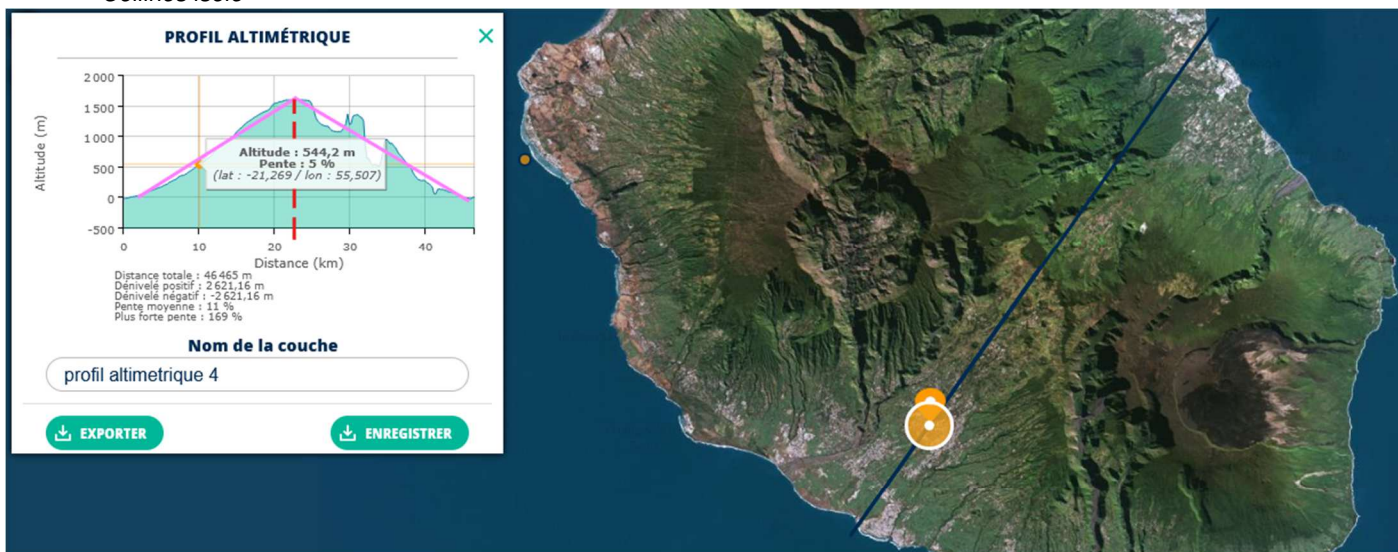
$$co(z) = 0.99$$

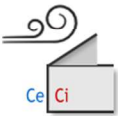
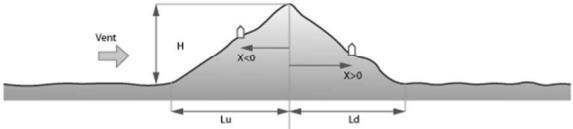
Nota : Co < 1.0, nous retiendrons Co = 1

Cas 2 (procédure 02)

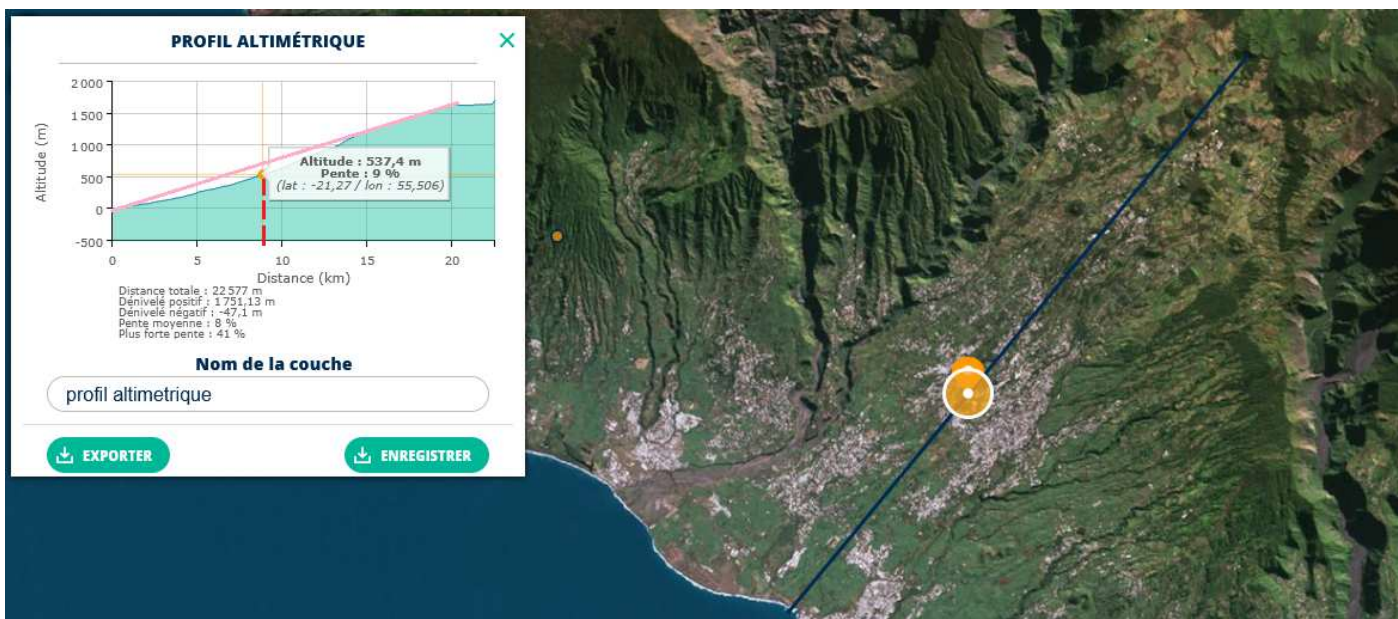
Le site de construction se trouve dans une pente du type « falaise et escarpements »

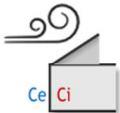
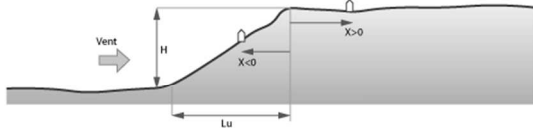
- Collines isolé



	Région	34	?
	Catégorie de terrain définissant la rugosité	(IIIb) Bocage dense	?
	Type d'obstacles constituant l'orographie du site	Collines isolées	?
			
H : Hauteur de l'obstacle		1500 m	
Lu : Longueur de l'obstacle		22000 m	
X : Distance entre le site de construction et le sommet de l'obstacle		10000 m	
Hauteur de calcul de la pression dynamique du vent Attention : Cette valeur peut être modifiée dans les études du projet en fonction des hauteurs de constructions considérées		23 m	
Orographie du terrain : Collines isolées			
$c_o(z)$	109	$c_o(z) = \text{Max}(1, 1 + S_{\text{max}}(1 - \frac{ X }{k_{\text{ref}}L})e^{-\alpha z/L}) = \text{Max}(1, 1 + 0.22(1 - \frac{10000}{1.5 \times 11000})e^{-4 \times 23/11000}) = 1.09$	

- Falaise



	Région	34	?
	Catégorie de terrain définissant la rugosité	(IIIb) Bocage dense	?
	Type d'obstacles constituant l'orographie du site	Falaise et escarpements	?
			
	H : Hauteur de l'obstacle	1700 m	
	Lu : Longueur de l'obstacle	23000 m	
	X : Distance entre le site de construction et le sommet de l'obstacle	14000 m	
	Hauteur de calcul de la pression dynamique du vent Attention : Cette valeur peut être modifiée dans les études du projet en fonction des hauteurs de constructions considérées	23 m	

Orographie du terrain : Falaise et escarpements		
$c_o(z)$	113	$c_o(z) = \text{Max}(1, 1 + S_{\text{max}}(1 - \frac{ X }{k_{\text{ref}}L})e^{-\alpha z/L}) = \text{Max}(1, 1 + 0.19(1 - \frac{14000}{4 \times 11500})e^{-2.5 \times 23/11500}) = 1.13$

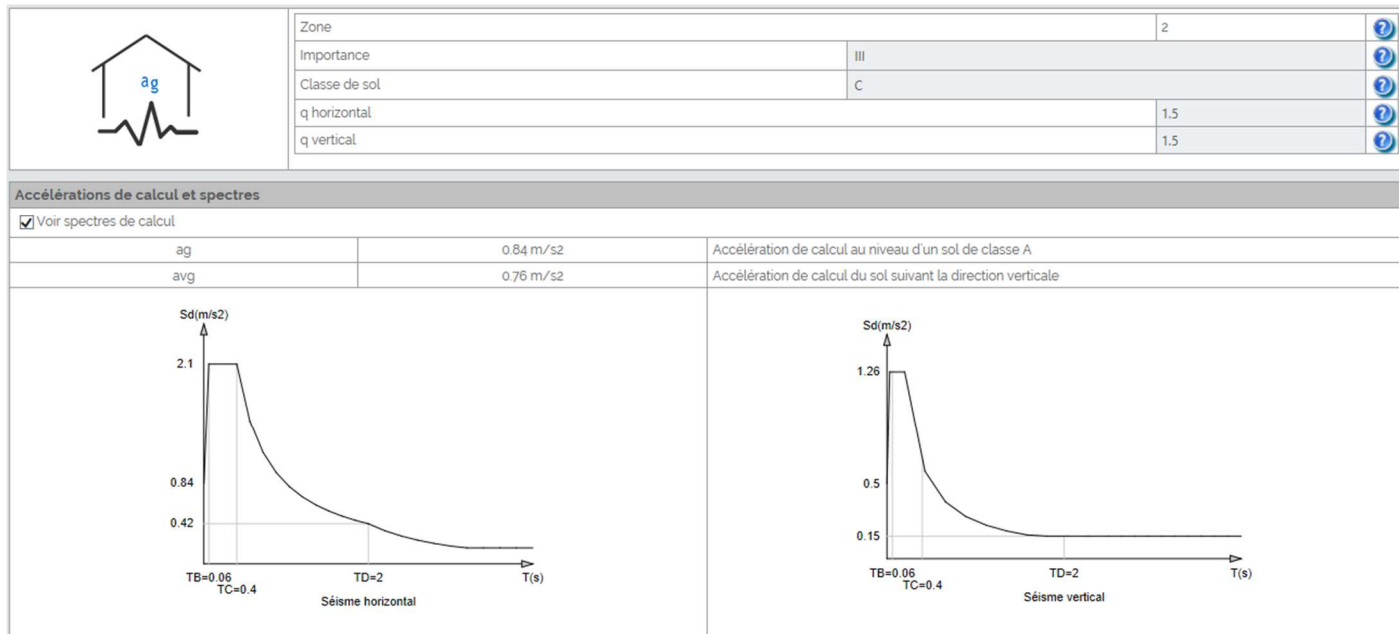
En conclusion, nous prendrons le coefficient spécifique pour l'orographie du terrain le plus défavorable, soit $C_o = 1.13$ pour le projet.

Valeur de la pression dynamique de pointe		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir rapport détaillé		
Vitesse de référence du vent		
v_b	34 m/s	$v_b = c_{\text{dir}} c_{\text{direction}} c_{\text{prob}} v_{b,0} = 1 \times 1 \times 1 \times 34 = 34 \text{ m/s}$
c_{prob}	1	$c_{\text{prob}} = \left(\frac{1 - k \ln(-\ln(1-p))}{1 - k \ln(-\ln(0.98))} \right)^n = \left(\frac{1 - 0.15 \ln(-\ln(1-1/50))}{1 - 0.15 \ln(-\ln(0.98))} \right)^{0.5} = 1$
Rugosité du terrain : (IIIb) Bocage dense		
$c_r(z)$	0.85	$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.22 \ln\left(\frac{23}{0.5}\right) = 0.85$
k_r	0.22	$k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{0.5}{0.05} \right)^{0.07} = 0.22$
z	23 m	$z = \text{Min}(z_{\text{max}}, \text{Max}(z_{\text{user}}, z_{\text{min}})) = \text{Min}(200, \text{Max}(23, 9)) = 23 \text{ m}$
Orographie du terrain : Falaise et escarpements		
$c_o(z)$	113	$c_o(z) = \text{Max}(1, 1 + S_{\text{max}}(1 - \frac{ X }{k_{\text{ref}}L})e^{-\alpha z/L}) = \text{Max}(1, 1 + 0.19(1 - \frac{14000}{4 \times 11500})e^{-2.5 \times 23/11500}) = 1.13$
Turbulence du vent		
$I_w(z)$	0.21	$I_w(z) = \frac{k_t}{c_o(z) \ln(z/z_0)} = \frac{0.92}{1.13 \ln(23/0.5)} = 0.21$
k_t	0.92	$k_t = 1 - 2.10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6 = 1 - 2.10^{-4} (\log_{10}(0.5) + 3)^6 = 0.92$
Pression dynamique de pointe pour la hauteur de calcul z		
$q_p(z)$	165.25 daN/m ²	$q_p(z) = [1 + 7 I_w(z)] \frac{1}{2} \rho v_m^2 = [1 + 7 \times 0.21] \frac{1}{2} 1.23 \times 32.92^2 = 165.25 \text{ daN/m}^2$
$v_m(z)$	32.92 m/s	$v_m = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0.85 \times 1.13 \times 34 = 32.92 \text{ m/s}$

Soit un $q_p(z)$ de 166 daN/m² pour une hauteur de 23m.

1.3 Charges sismiques

Nota : en attente de classe de sol



2 Charges de vent

2.1 Pression intérieure – Cpi

	Surface totale façade	Surface ouvertures de la façade	% d'ouverture
SUD	536,4	237,12	44%
NORD	429,12	102,9	24%
EST	408,1	0	0%
OUEST	408,1	0	0%

Nous restons dans le cas d'un bâtiment avec une pression intérieure, calculée avec le paragraphe 7.2.9 de l'EC1.

(4) Une face d'un bâtiment est généralement considérée comme dominante lorsque l'aire des ouvertures dans ladite face est au moins égale à deux fois l'aire des ouvertures et des fuites d'air dans les autres faces du bâtiment considéré.

Nous sommes dans le cas d'un bâtiment avec une face dominante (SUD), avec une aire environ 2* supérieure aux autres faces.



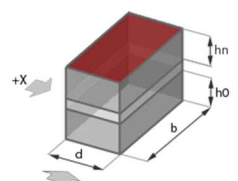
(5) Dans le cas d'un bâtiment ayant une face dominante, il convient de considérer la pression intérieure comme une fraction de la pression extérieure au niveau des ouvertures de la face dominante. Il convient d'utiliser les valeurs données par les expressions (7.1) et (7.2).

Lorsque l'aire des ouvertures dans la face dominante est égale à deux fois l'aire des ouvertures dans les autres faces,

$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe} \quad \dots (7.1)$$

2.2 Efforts de vents

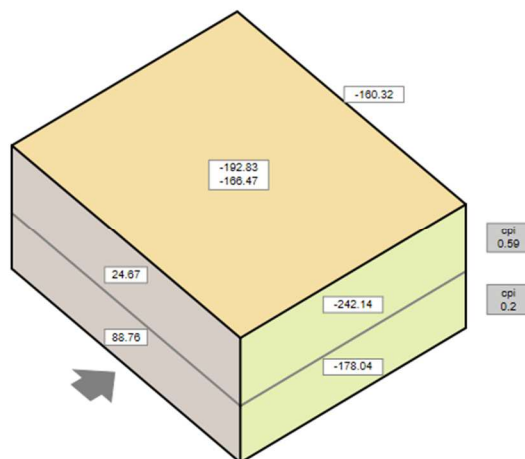
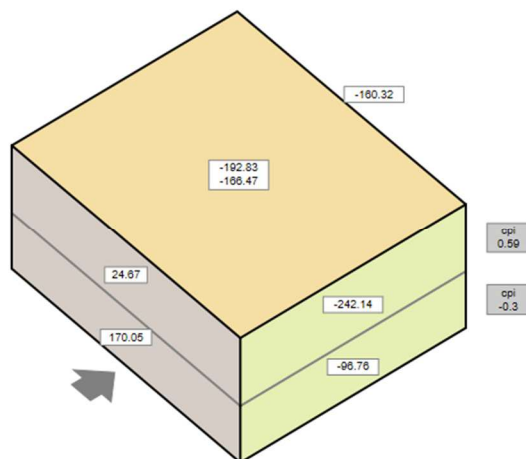
☑ Toiture



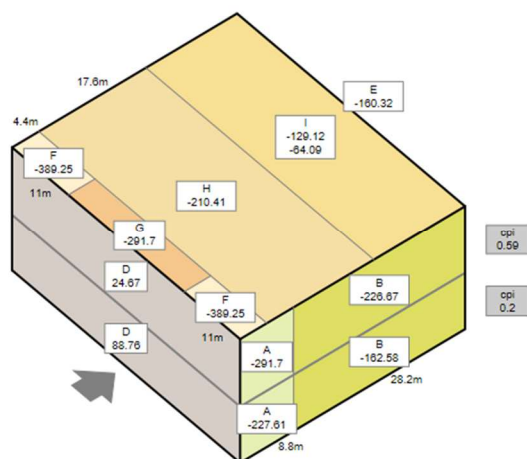
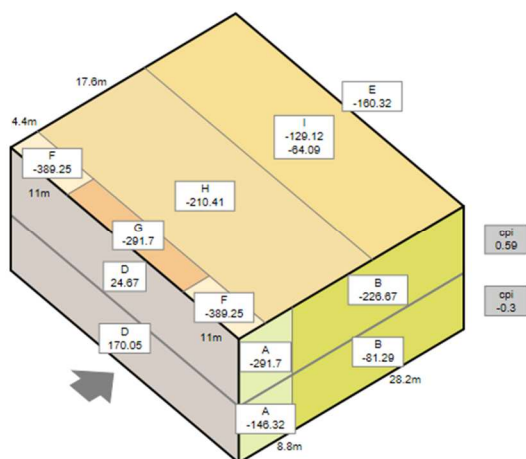
b : Longueur long pan [m]	44.7
d : Longueur pignon [m]	37
☑ Nombre et hauteur des niveaux	
<input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5	
h0 : Hauteur niveau 0 [m]	10
h1 : Hauteur niveau 1 [m]	12
☑ Niveau 0 : Aires des ouvertures permanentes	
Niveau 0 : Façade +X [m ²]	0
Niveau 0 : Façade +Y [m ²]	0
Niveau 0 : Façade -X [m ²]	0
Niveau 0 : Façade -Y [m ²]	0
☑ Niveau 1 : Aires des ouvertures permanentes	
Niveau 1 : Façade +X [m ²]	238
Niveau 1 : Façade +Y [m ²]	103
Niveau 1 : Façade -X [m ²]	0
Niveau 1 : Façade -Y [m ²]	0

2.2.1 Pressions selon X

Vent X+ : Pressions moyennes (Surface de référence toiture = 10m²) (Surface de référence murs = 10m²) (daN/m²)

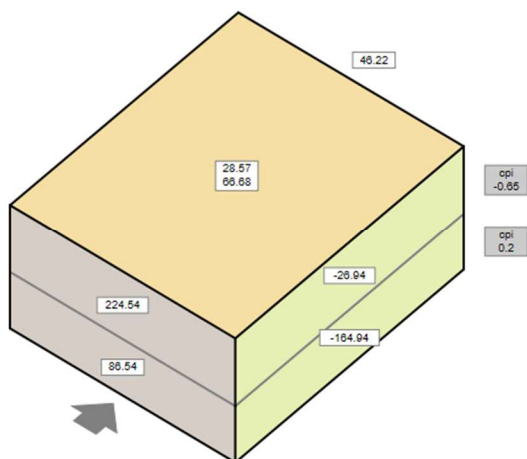
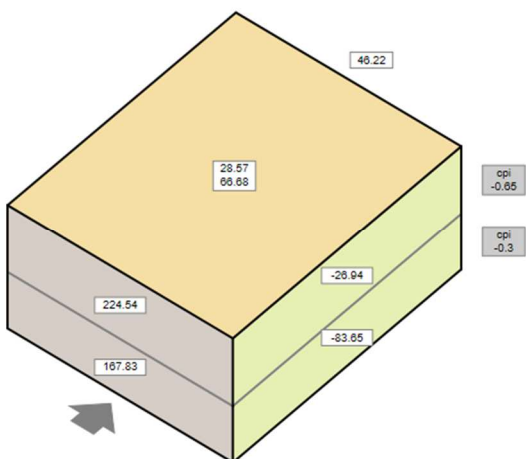


Vent X+ : Pressions sur zones (Surface de référence toiture = 10m²) (Surface de référence murs = 10m²) (daN/m²)

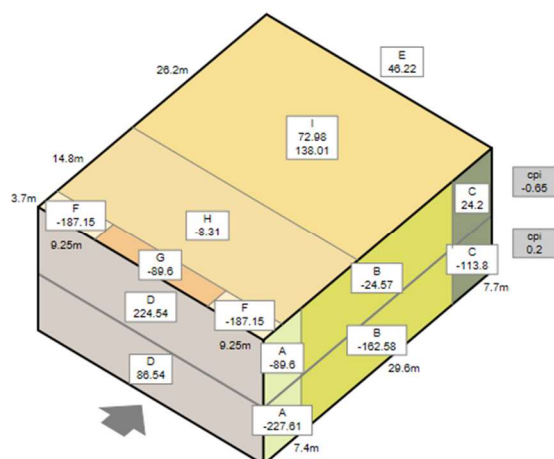
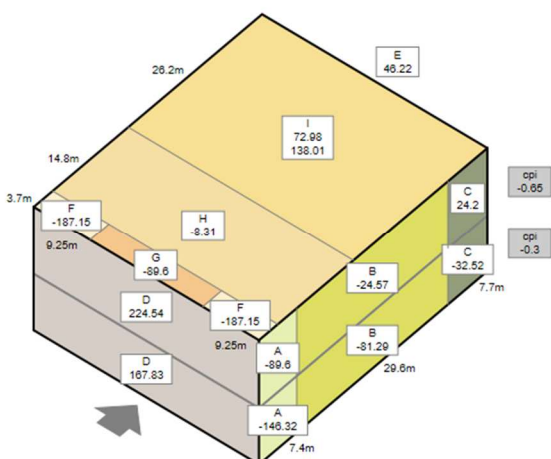


2.2.2 Pression sur Y

Vent Y+ : Pressions moyennes (Surface de référence toiture = 10m²) (Surface de référence murs = 10m²) (daN/m²)



Vent Y+ : Pressions sur zones (Surface de référence toiture = 10m²) (Surface de référence murs = 10m²) (daN/m²)



2.3 Forces de frottement

Force de frottement sur toiture : 55x40 m

Distance début d'application force frottement : $\min 2 \cdot b ; 4h = \min 2 \cdot 40 ; 4 \cdot 12 = \min 80 ; 48 = 48\text{m}$.

Soit pas applicable pour nous car bâtiment fait 55m de long, donc **uniquement appliqué sur les 7 derniers mètres seulement !**

7.5 Coefficients de frottement

(1) Il convient de prendre en considération le frottement pour les cas définis en 5.3 (3).

(2) Il est recommandé d'utiliser les coefficients de frottement c_{fr} , pour les murs et les toitures, donnés dans le Tableau 7.10 .

(3) L'aire de référence A_{fr} est indiquée à la Figure 7.22 . Il convient d'appliquer les forces de frottement sur la partie des surfaces extérieures parallèle au vent, située au-delà d'une certaine distance des bords au vent ou des angles au vent de la toiture, distance égale à la plus petite valeur de $2 \cdot b$ ou $4 \cdot h$.

(4) La hauteur de référence z_e qu'il convient d'utiliser est la hauteur au-dessus du sol de la construction ou la hauteur h du bâtiment ; voir Figure 7.22 .

Surface	Coefficient de frottement c_{fr}
lisse (à savoir acier, béton lisse)	0,01
rugueuse (à savoir béton brut, bardeaux bitumés (shingles))	0,02
très rugueuse (à savoir ondulations, nervures, pliures)	0,04

Tableau 7.10 - Coefficients de frottement c_{fr} applicables aux murs, acrotères et toitures

2.4 Débord toiture

(3) Pour les avancées de toit, la pression exercée sur la face inférieure de l'avant-toit est égale à la pression applicable à la zone du mur vertical directement relié à l'avancée de toit ; la pression exercée sur la face supérieure de l'avant-toit est égale à la pression de la zone, définie pour la toiture elle-même.

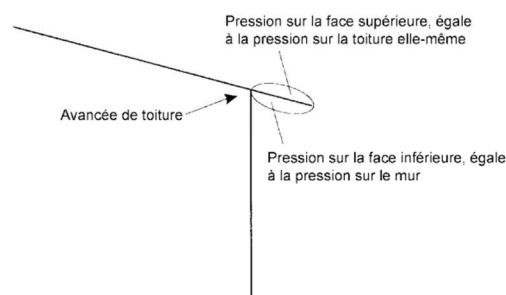


Figure 7.3 - Représentation des pressions pertinentes applicables aux avancées de toiture

3 Charges permanente

Poids toiture – nous prenons un G_{max} et un G_{min} dans l'attente de la finalisation des différents complexes d'enveloppe. G_{min} 40 daN/m² et G_{max} 80 daN/m²

4 Charges d'exploitation

Nous n'avons que la charge d'entretien en toiture sur ce projet.

Toiture	
Q - Charge d'exploitation - Qk	
Qk - ponctuelle	150,0 daN/m²

5 Critères déplacement

5.1 Critère ELS

Ouvrage bois	Ouvrage de 2 nd œuvre	Élément bois	Limites			
			W _{inst} (G)	W _{net,fin}	W _{fin}	W _{tot,2}
Plancher	Cloisons ou plafonds fragiles ⁽¹⁾	Eléments structuraux	L/300	L/250	L/125	L/500 si L ≤ 5 m ; 5 mm + L/1000 au-delà
	Chapes à liants hydrauliques ⁽²⁾					L/500 si L ≤ 5 m ; 5 mm + L/1000 au-delà (L/400 si L ≤ 4 m ; 5 mm + L/800 au-delà)
	Chapes sèches ⁽²⁾					L/400 si L ≤ 4 m ; 5 mm + L/800 au-delà (L/350 si L ≤ 7 m ; 10 mm + L/700 au-delà)
	Sols souples ⁽³⁾					L/350 si L ≤ 7 m ; 10 mm + L/700 au-delà (L/300 voire L/250)
	Cloisons ou plafonds non fragiles ⁽⁴⁾					
	Sols bois ⁽⁵⁾					
	Platelage bois (NF DTU 51.4)	Lambourdes			L/400	
		Lames			5 ou 3 mm (type 1 ou 2)	
Toiture	Étanchéité	Eléments structuraux	L/300	L/250 si pente ≥ 3,0% L/400 si pente ≥ 1,8% L/500 si pente ≥ 1,6%	L/125	L/250
	Couverture	Eléments structuraux ⁽⁶⁾		L/200		
		Chevrons ⁽⁷⁾		L/150		
		Liteaux, volige, planches ⁽⁸⁾				
Mur porteur	Bardages à lame d'air ventilée	Eléments courants ⁽⁹⁾	H/300		H/125	
		Contreventement	H/500			
		Liteaux de menuiserie	L/300	L/250 ≤ 10 mm	L/500 ≤ 10 mm	
		Eléments isolés soumis au vent	H/200			
	ETICS	Eléments structuraux	H/500			H/500

Les valeurs indiquées en bleu italique peuvent être considérées comme équivalentes aux référentiels béton (du fait de l'écart entre formules de calcul) ou appropriées de manière générale.

Critère de flèche global

h/300

Soit, pour une hauteur max de bâtiment de 12.00 m (GYM) :

Winst : 12000/300 = 40 mm

Critère poutres

Winst :l/300

Wnet fin :l/200

Wfin :l/125

Poutres ARBALETRIERS principaux : 36 000 mm

Winst = 36000/300 = 120 mm

Wnet fin :36000/200 = 180 mm

Wfin :36000/125 = 288

5.2 Critère de déplacement global sous séisme

- ^c pour les bâtiments ayant des éléments non structuraux fixés de manière à ne pas interférer avec les déformations de la structure ou n'ayant pas d'éléments non structuraux :

$$d_{r,v} \leq 0,010 h \quad \dots (4.33)$$

Avec $v = 0.5$ (cat. Importance III).

Hauteur du faitage : 12000 mm soit un déplacement max de 240 mm.

5.3 Résistance feu

La charpente bois principale (arbalétriers) étant visibles et occupant le dernier niveau, **aucune stabilité au feu n'est requis** : R0. (d'après CO13, paragraphe 3).

Les pannes et les poutres au vent qui sont cachées en partie par le faux plafond n'ont donc aucune stabilité au feu à avoir non plus.